Maladies des haricots et moyens de lutte

Agriculture Canada

Publication 1758/F

Canada

PUBLICATION 1758F, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. A53—1758/1984F ISBN: 0-662-12933-4
Impression 1984 2M—1:84

Also available in English under the title
Bean diseases and their control.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5

Causes de maladies 5

Champignons 6
Bactéries 6
Mycoplasmes 6
Virus 6
Nématodes 6
Carences en éléments nutritifs 7
Intoxications 7
Blessures 7

Prévention des maladies 7

Gestion agricole 8
Pratiques culturales 8
Hygiène des cultures 8

Maladies fongiques 9

Anthracnose du haricot 9
Moisissure blanche 10
Rouille 13
Blanc 14
Pourriture des graines et fonte des semis 15
Pourridié 16
Décoloration du haricot blanc 17
Pourriture grise 23
Tache des gousses 24
Tache angulaire 25

Maladies bactériennes 25

Brûlure bactérienne et brûlure bactérienne 25
Tache aréolée 26
Flétrissure bactérienne 26

Maladies virales 27

Mosaïque commune du haricot 27
Mosaïque jaune du haricot 28
Tache annulaire du tabac 29
Mosaïque du concombre 30
Mosaïque de la luzerne 30

Autres maladies 31

Balai de sorcière 31
Galles des racines 32

Carences en éléments nutritifs 32

Carence en magnésium 33
Carence en manganèse 33

Intoxications 33

Bronzage 33
Brûlure de la cicadelle 34
Chlorose causée par un excès d'eau 34
Phytotoxicité des herbicides 35

Blessures 36

Insolation 36
Abrasion par le sable 37

Index des organismes pathogènes et des vecteurs 38

Index des organismes pathogènes et des vecteurs

Les recommandations de la présente publication sur l'usage des pesticides ne sont données qu'à titre d'indication. Toute application d'un pesticide doit être conforme au mode d'emploi inscrit sur l'étiquette du produit, comme le prescrit la *Loi sur les produits antiparasitaires*.

Maladies des haricots et moyens de lutte

J.C. Tu
Station de recherche, Agriculture Canada, Harrow (Ont.)

Introduction

La présente publication traite des maladies des haricots blancs, colorés, communs, mange-tout et maraîchers de l'espèce *Phaseolus vulgaris*. On cultive habituellement les trois premières variétés pour leurs graines et les deux dernières, pour leurs gousses vertes.

Au Canada, la culture des haricots secs se concentre surtout dans le sud de l'Ontario et, dans une moindre mesure, au Québec. La production annuelle dans ces deux provinces est d'environ 100 000 t, ce qui représente une valeur totale de près de 65 millions de dollars. Le Canada se classe au second rang des exportateurs de haricots secs, derrière les États-Unis.

Les jardiniers amateurs cultivent les haricots verts dans le sud du pays. Les usines de transformation du sud de l'Ontario et de la Colombie-Britannique préparent surtout les produits pour le marché en frais, la mise en conserve et la congélation. La consommation annuelle de haricots verts au Canada totalise près de 46 000 t, soit environ 2 kg par personne. Puisque le gros des approvisionnements de haricots verts vient des États-Unis, il serait souhaitable d'en augmenter la production au Canada.

Les maladies comptent parmi les nombreux facteurs qui nuisent à la production du haricot. Plus de 50 maladies s'attaquent à cette plante et de 15 à 20 d'entre elles sont communes au Canada; toutefois, seules près de 10 d'entre elles causent des dommages vraiment importants. En consultant la présente publication, le producteur et le vulgarisateur canadiens reconnaîtront plus facilement les maladies du haricot et pourront trouver les moyens de lutte appropriés.

Pour un traitement antiparasitaire, utiliser un pesticide homologué par le ministère de l'Agriculture du Canada et inscrit dans le recueil sur les *Produits antiparasitaires homologués au Canada*. Un pesticide doit aussi être recommandé par les autorités provinciales. Ces recommandations pouvant varier d'une province à l'autre, consulter le représentant agricole de la province pour obtenir des conseils particuliers.

Causes de maladies

De nombreux groupes d'organismes (champignons, bactéries, virus, mycoplasmes, nématodes) causent des maladies, mais les plantes peuvent aussi souffrir d'autres choses comme les carences en éléments nutritifs, les intoxications et les blessures.

Champignons

Les champignons sont des plantes dont les cellules sans chlorophylle possèdent un véritable noyau. Ils vivent de la matière organique morte, aux dépens des plantes vivantes ou les deux et présentent des tailles et des formes très diverses. Les champignons comestibles et les vesses-de-loup que l'on voit sur les pelouses, le bois et les arbres sont les organes de fructification du végétal, au même titre que la rouille, le charbon et le mildiou qui se développent sur les plantes vivantes. Les champignons causent de nombreuses maladies chez le haricot. L'anthracnose, la fonte des semis, la pourriture grise, le pourridié, la rouille et la moisissure blanche sont des maladies courantes au Canada qui nuisent parfois considérablement au rendement.

Bactéries

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires sans véritable noyau. Le résidu visqueux sur les légumes pourris, notamment la pourriture molle du chou ou de l'oignon, correspond à des amas de bactéries. Les bactéries pénètrent dans le tissu végétal par les ouvertures naturelles ou par des blessures. Le tissu infecté prend habituellement un aspect aqueux. La brûlure bactérienne est la plus importante des nombreuses maladies bactériennes du haricot.

Mycoplasmes

N'ayant pas de paroi cellulaire, les mycoplasmes ressemblent à des bactéries nues. Ils se multiplient par scissiparité et bourgeonnement. De tailles variées, ils peuvent être légèrement plus petits ou plus gros que les bactéries. Ils se multiplient dans les cicadelles qui les transmettent des plantes malades aux plantes saines. Il arrive souvent que les plantes infectées deviennent jaunes, rabougries, buissonnantes ou touffues. Le balai de sorcière est causé par un mycoplasme.

Virus

Les virus ne sont visibles qu'au microscope électronique. Du point de vue morphologique, ils ressemblent à des particules sphériques (ou polyhédriques) et à des bâtonnets (ou cylindres).

Quelle que soit leur forme cependant, ils sont biologiquement actifs et peuvent se reproduire dans la cellule hôte. Certains virus peuvent même survivre dans les tissus desséchés ou les graines d'une plante pendant de longues périodes. Les graines, la sève, les boutures, les scions, les insectes, les acariens et les nématodes en assurent la transmission dont le mode varie toutefois selon le virus.

La mosaïque commune et la mosaïque jaune du haricot ainsi que la tache annulaire du tabac sont des viroses qui infligent de lourdes pertes dans les régions canadiennes où l'on cultive le haricot. Les autres virus qui s'attaquent au haricot ne causent pas de dommages importants.

Nématodes

Les nématodes sont des vers incolores et filiformes qui mesurent entre 0,4 et 3 mm de longueur. Ils vivent dans le sol où ils se nourrissent d'autres organismes,

de débris organiques ou de racines des plantes. Les nématodes saprophytes sont plus gros et souvent visibles à l'oeil nu, tandis que les nématodes parasites sont habituellement microscopiques. Certains nématodes parasites endommagent les racines des plantes, forment des galles et transmettent des viroses.

Carences en éléments nutritifs

Lorsqu'une plante manque d'éléments nutritifs nécessaires à sa croissance, elle manifeste des signes de carence alimentaire. Une carence faible passe souvent inaperçue, la plante n'affichant qu'une croissance médiocre et une baisse de rendement. Toutefois, lorsque la carence en éléments nutritifs, surtout en azote, en phosphore, en potassium, en magnésium, en manganèse, en calcium et en fer, atteint un seuil critique dans le sol, des symptômes précis se manifestent comme le jaunissement, la chlorose et la transparence des nervures, la marbrure, le plissement et l'enroulement de la pointe. Pour corriger la situation, il suffit de fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle est privée. À noter qu'un pH du sol inadéquat provoque également de nombreuses carences d'oligo-éléments, notamment de magnésium, de manganèse, de calcium et de fer, en modifiant la forme ionique de l'élément nutritif de telle manière que les plantes ne peuvent l'assimiler. Dans ce cas, on corrige le pH en ajoutant au sol le produit qui convient, notamment de la chaux ou du soufre.

Intoxications

Les intoxications sont produites par la présence d'une substance quelconque en quantité excessive. Ainsi, l'addition d'une dose trop élevée d'engrais ou d'herbicide brûle les feuilles et intoxique la plante. Les résidus d'herbicides des campagnes précédentes peuvent également être toxiques. L'atrazine appliquée à la culture du maïs, par exemple, laisse parfois assez de résidus pour endommager ou faire mourir les haricots. À concentration élevée, les polluants (ozone et bioxyde de soufre) sont également toxiques. Chez le haricot, le bronzage est causé par l'ozone. En outre, la salinité, l'alcalinité ou l'acidité excessives du sol nuisent à la croissance des plantes.

Blessures

Le haricot est très sensible aux blessures les plus courantes causées par le gel, la grêle, l'abrasion par le sable, l'insolation et la foudre.

Prévention des maladies

La lutte contre les maladies devrait commencer par la prévention, c'est-à-dire réduire les pertes au minimum en prenant des mesures appropriées. En réalité, une gestion agricole, des pratiques culturales et une hygiène des cultures correctes suffisent à atténuer les dommages de nombreuses maladies sans que l'on doive recourir aux pulvérisations chimiques.

Gestion agricole

Le choix de la culture et du cultivar, l'amélioration du drainage du sol et la surveillance du pH du sol sont autant de pratiques qui permettent de combattre les maladies végétales.

- *Choix de la culture.* Choisir la culture qui convient au type particulier du sol afin de garantir une bonne croissance et de diminuer l'incidence des maladies.
- *Choix du cultivar.* Utiliser les cultivars à rendement élevé qui résistent assez bien aux maladies (suivre les recommandations provinciales ou consulter les catalogues de semences).
- *Amélioration du drainage.* S'assurer que le sol est bien drainé pour favoriser le développement des racines et réduire l'incidence et la gravité de la fonte des semis et du pourridié.
- *Surveillance du pH.* Maintenir le pH du sol à un niveau approprié afin de favoriser la croissance et de diminuer l'incidence des maladies. Les haricots cultivés dans un sol acide sont plus souvent atteints de pourridié et produisent moins de nodosités. Le chaulage corrige parfois cette situation.

Pratiques culturales

La rotation des cultures, la préparation du sol, l'espacement des rangées, la densité de l'ensemencement et l'application correcte d'engrais jouent un rôle important dans la lutte contre les maladies.

- *Rotation des cultures.* La rotation des cultures permet de diminuer l'accumulation des agents pathogènes, des insectes et des substances toxiques dans le sol. Cette pratique garantit également une utilisation équilibrée des éléments nutritifs du sol.
- *Préparation du sol.* Assurer un bon drainage pour améliorer l'aération du sol et la croissance des racines, et réduire ainsi l'incidence de la pourriture des graines, de la fonte des semis et du pourridié.
- *Espacement des rangées et densité de l'ensemencement.* Prévoir assez d'espace entre les rangées; les rangées trop rapprochées et un ensemencement dense réduisent l'aération et fournissent le couvert humide favorable à l'installation et à la propagation des maladies, en particulier de la moisissure blanche.
- *Application d'engrais.* Éviter de mettre trop d'engrais. Autant une quantité appropriée d'engrais augmente le rendement, autant une dose excessive constitue un gaspillage et prédispose les plantes aux maladies, notamment dans le cas de l'azote.

Hygiène des cultures

L'utilisation de graines exemptes d'organismes pathogènes et le traitement des semences sont de première importance en hygiène des cultures. La lutte contre les mauvaises herbes et les insectes, et l'élimination des débris jouent également un grand rôle dans la lutte contre les maladies.

- *Semences exemptes d'organismes pathogènes.* Dans la mesure du possible, utiliser des semences certifiées. De nombreux organismes pathogènes se trouvent dans la graine ou adhèrent à sa surface; diverses maladies comme la

mosaïque commune, l'anthracnose et la brûlure bactérienne sont héréditaires. Les semences certifiées ont été inspectées et sont exemptes de telles maladies.

- *Traitement des semences.* Désinfecter les semences avec un fongicide approuvé, qu'elles semblent ou non exemptes de maladies héréditaires. La formule de préparation du fongicide varie selon l'emploi auquel il est destiné.
- *Lutte contre les mauvaises herbes.* Les mauvaises herbes doivent être éliminées, car elles diminuent beaucoup le rendement. En outre, de nombreuses espèces vivaces servent d'abri aux virus. La couverture de mauvaises herbes réduit l'aération de la culture et crée un milieu propice à l'apparition de graves maladies des feuilles et des gousses.
- *Lutte contre les insectes.* Lutter contre les insectes avant qu'ils ne deviennent nuisibles. Nombre d'entre eux se nourrissent de plantes et peuvent non seulement les endommager, mais encore leur transmettre des maladies. Ainsi, les pucerons, les cicadelles, les thrips et les chrysomèles propagent de nombreuses viroses.
- *Élimination des débris.* Enterrer les débris végétaux sains pour en accélérer la décomposition. Brûler ou enterrer les résidus infectés selon la nature de l'organisme pathogène. Par exemple, le champignon de l'anthracnose du haricot survit facilement jusqu'à la campagne suivante dans les débris secs dont l'accumulation augmente les chances de survie.

Maladies fongiques

Plus de 40 maladies fongiques s'attaquent au haricot. Toutefois, la présente publication ne traite que des maladies importantes au Canada et plus particulièrement de celles qui causent des pertes considérables.

Anthracnose du haricot

L'anthracnose du haricot, causée par le champignon *Colletotrichum lindemuthianum*, est répandue presque mondialement. Elle nuit au rendement, à la qualité des graines et à la commercialité des haricots. Elle est plus fréquente dans les zones tempérées que sous les Tropiques. Le champignon comporte au moins six races importantes (alpha, bêta, gamma, delta, lambda et kappa), caractérisées par les cultivars qu'elles attaquent. Avant 1976, on n'en comptait que trois (alpha, bêta et gamma) en Amérique du Nord et les sélectionneurs avaient mis au point des cultivars résistants à au moins l'une d'entre elles. Par conséquent, l'anthracnose n'a pas constitué de réelle menace en Amérique du Nord au cours des 20 ans qui ont précédé 1976.

Au cours de l'été 1976, on a signalé dans le sud de l'Ontario un foyer d'anthracnose causé par la race delta et dans une moindre mesure par la race lambda, deux races qui n'existaient pas avant au Canada et auxquelles la plupart des cultivars commerciaux sont sensibles. Toutefois, un gène, le gène *Are*, est un facteur de résistance aux deux nouvelles races. Le champignon responsable de l'anthracnose s'attaque également à de nombreux autres types de haricot, notamment le haricot de Lima et le haricot ambérique.

Symptômes

Bien que l'infection se propage parfois aux deux faces de la feuille et au pétiole, les premiers signes se manifestent d'habitude sur la face inférieure de la feuille, le long des nervures, sous forme de décoloration allant du rouge brique au rouge violacé. Plus tard, la décoloration gagne la face supérieure de la feuille. Au même moment, des lésions brunes de tailles variées, bordées de noir, de brun ou de rouge violacé, apparaissent autour des petites nervures (planche 1).

La disposition longitudinale d'ocelles brun foncé le long des tiges est un premier signe de l'infection de la tige. Chez le jeune plant, l'élargissement des ocelles fait parfois rompre la tige. Sur les tiges plus anciennes, les lésions ocellaires ne mesurent pas plus de 5 à 7 mm et présentent souvent une dépression centrale chancreuse.

Les petits points bruns qui parsèment les taches brun rouille sur les gousses sont le symptôme le plus frappant de la maladie. Au fur et à mesure que les taches s'élargissent, le centre brunit et se couvre de nombreux points noirs minuscules disposés au hasard et qui remplacent les points bruns. Chaque point contient une masse de spores rosâtres, qui présente souvent l'aspect d'une gouttelette visqueuse dans des conditions humides. Les lésions sur la gousse, qui mesurent généralement de 5 à 8 mm de diamètre, sont légèrement déprimées au centre et sont bordées de brun foncé ou de brun violacé (fig.1).

Le tégument des graines contenues dans les gousses très atteintes est quelquefois parsemé de taches allant du brun au chocolat pâle (fig.2). Dans le cas des graines fortement infectées, les lésions s'étendent parfois au cotylédon.

Mode d'infection

La contamination primaire est réalisée par les propagules du champignon que transporte la graine ou, dans une moindre mesure, la paille du haricot. Le champignon survit dans la graine aussi longtemps que celle-ci est viable. Des recherches récentes sur le terrain ont montré que le champignon ne résiste à l'hiver que dans la paille sèche, et non dans la paille humide ou enfouie.

Après la contamination primaire, la maladie est transmise par les spores transportées par les gouttes de pluie, par les machines ou par les personnes. Les gouttes d'eau chargées de spores et transportées par les rafales de vent peuvent propager la maladie sur une distance de 3 à 5 mètres.

Moyens de lutte

Le choix de cultivars résistants semble la méthode de lutte la plus indiquée. Sinon, utiliser des graines certifiées exemptes d'organismes pathogènes et traitées avec un fongicide efficace.

Comme le champignon ne survit pas à l'hiver dans les débris enterrés, il est préférable d'enfouir tous les résidus infectés de haricot. La rotation des cultures permet également de lutter contre la maladie.

Moisissure blanche

La moisissure blanche, aussi connue sous le nom de pourriture ou de flétrissure sclérotique, est causée par le *Sclerotinia sclerotiorum*. Ce champignon peut attaquer une grande variété d'hôtes et existe partout dans le monde dans de

Fig. 1 Gousses de haricot blanc atteintes d'anthracnose (taches brun rouille).

Fig. 2 Semences de haricot blanc atteintes d'anthracnose.

nombreuses cultures de plein champ et maraîchères. La moisissure blanche entraîne fréquemment de lourdes pertes de rendement chez le haricot sec et le haricot vert, au Canada. Il est difficile de prévoir le moment où la maladie se manifestera et avec quelle gravité. Toutefois, les épidémies semblent plus fréquentes et plus graves dans les champs qui en ont déjà soufferts, puisque le champignon peut survivre dans le sol pendant de nombreuses années dans des sclérotes, corps de survie durs et résistants aux intempéries. La densité des sclérotes est habituellement élevée dans les champs qui ont déjà été infectés par la moisissure blanche.

Au Canada, l'organisme causal se développe de la mi-juillet à la fin d'août, par temps chaud et humide en particulier à la chute des pétales. En effet, les amas de pétales constituent d'excellents points d'entrée de l'infection dans les plants de haricots. Si les conditions météorologiques favorables persistent, la propagation secondaire est très rapide. Toutefois, celle-ci s'interrompt dès qu'il fait sec.

Dans le sud de l'Ontario, l'incidence de la moisissure blanche varie d'un champ à un autre, de minime à totale. Un tel écart dans la gravité de la maladie résulte probablement de la variation en ce qui concerne les précipitations, du drainage du sol, des pratiques culturales et de la densité des sclérotes.

Les peuplements denses de cultivars de type rampant ont tendance à être plus gravement atteints que les peuplements plus clairsemés de cultivars à port dressé.

Symptômes

L'infection débute d'ordinaire à la jonction du pétiole de la feuille et de la tige, de 10 à 15 cm au-dessus du sol, où se sont amassés les pétales ou les feuilles. Des lésions aqueuses apparaissent d'abord sur les pétioles infectés, puis se répandent rapidement aux tiges et à leurs ramifications. Plus tard, une moisissure blanche à l'aspect cotonneux se développe à la surface des pétioles, des tiges et des gousses. Au fur et à mesure que progresse la maladie, les parties infectées présentent des décolorations allant de brunâtres à brun chocolat et une pourriture molle fait dépérir les branches (planche 2). À cette étape, le champignon produit de nombreux corps végétatifs (sclérotes) durs et noirs, de la taille approximative d'un grain de blé, à l'extérieur ou à l'intérieur des plantes malades (planche 3).

Mode d'infection

L'infection primaire est assurée par les spores que libèrent des organes de fructification minuscules (mesurant entre 2 et 5 mm) en forme d'entonnoir (apothécies), champignons vénéneux miniatures produits par les sclérotes (fig. 4) enfouis près de la surface du sol. Une période prolongée de temps frais et humide favorise la production des apothécies. Chacune d'elles libère des millions de spores qui germeront en infectant les plantes sur lesquelles le vent les aura transportées. On estime qu'environ trois sclérotes par mètre carré causent de 60 à 95% d'infection dans un champ de haricots communs. La jonction du pétiole et de la tige où s'amassent les pétales ou les feuilles est habituellement le premier endroit atteint.

La propagation secondaire se fait entre les parties de la plante en contact naturel. Les sclérotes produits par le champignon sur les gousses et les tiges infectées se détachent et tombent sur le sol, souvent durant la récolte. Enfouis à diverses profondeurs, ils survivent pendant au moins 20 ans. Seuls les sclérotes à moins de 3 cm de la surface peuvent produire des organes de fructification lors de

la campagne suivante; les autres entrent en dormance, mais germent dès qu'ils sont ramenés à la surface par des travaux culturaux ultérieurs.

Moyens de lutte

Bien utilisés, les fongicides sont efficaces; le moment choisi pour la pulvérisation et la méthode d'application influent nettement sur les résultats.

Certains cultivars sont plus tolérants que d'autres; par exemple, le Ex Rico 23 est très tolérant alors que certains haricots verts, notamment le Bountiful, le Stringless Green Pod et le Golden Wax, sont réputés l'être. L'utilisation de ces cultivars, conjuguée à la pulvérisation de produits chimiques, permet d'enrayer, dans une certaine mesure, la maladie dans les champs qui en ont déjà été gravement atteints.

Dans l'ensemble, un cultivar à port dressé, à couvert moins étalé et moins important, est moins sensible à la moisissure blanche. En effet, un couvert épais empêche la circulation de l'air et retient les pétales qui restent pris dans les feuilles et les tiges des points d'entrée pour le champignon. Améliorer la circulation de l'air entre les rangées de haricots en les plantant parallèlement aux vents dominants, en réduisant la densité du peuplement et en adoptant un programme strict de lutte contre les mauvaises herbes. Toutefois, la diminution de la densité de l'ensemencement abaisse souvent le rendement.

La rotation des cultures n'est pas entièrement efficace puisque le champignon peut survivre dans le sol de nombreuses années même si on ne cultive pas le haricot. En outre, le champignon a un très grand nombre d'hôtes: près de 150 cultures en Amérique du Nord. Les céréales et le maïs n'en sont pas et peuvent donc être utilisés dans la rotation.

Rouille

La rouille du haricot (*Uromyces phaseoli*) est endémique dans les régions du monde où l'on cultive le haricot. En Amérique du Nord, le problème est plus grave aux États-Unis où la rouille prévaut couramment dans les régions de culture de haute altitude, notamment au Colorado, au Wyoming et au Montana dont l'été est caractérisé par des journées chaudes et des nuits fraîches. Ce climat favorise la formation de la rosée et perpétue l'infection et la propagation de cette maladie. Au Canada, même si la rouille est largement répandue, elle ne sévit qu'à l'occasion et n'infecte que quelques plantes dans un champ. Ce n'est qu'à de rares occasions que l'on voit des champs gravement atteints.

Symptômes

Bien que la maladie touche surtout les feuilles, elle s'attaque également aux pétioles et aux gousses et, dans les cas graves, à la tige. Le premier signe de l'infection est l'apparition de nombreuses pustules blanches et minuscules souvent entourées d'un halo jaune. Plus tard, les pustules s'ouvrent pour dégager des amas de spores brun pâle (planche 4), les spores d'été. Facilement transportées par le vent, les outils, les insectes et les animaux, ces dernières contaminent d'autres plantes. Le cycle, qui dure entre 7 et 10 jours dans des conditions favorables, se répète plusieurs fois pendant l'été. Le tissu autour des pustules reste souvent vert pendant que les gousses arrivent à maturité et jaunissent. On appelle «îles vertes»

(planche 5) ces taches caractéristiques. Comme les feuilles très atteintes flétrissent, les plantes gravement malades prennent rapidement un aspect étriqué. Dans les pays nordiques comme le Canada et les Etats-Unis, les masses de spores deviennent brun foncé ou noires à l'automne à cause de la production de spores d'hiver à paroi épaisse. Toutefois, dans les pays comme le Mexique et Porto-Rico, où le climat est chaud et où les haricots sont cultivés à longueur d'année, la production de spores d'été dure toute l'année.

Mode d'infection

Dans les pays nordiques, l'infection primaire est assurée par les spores d'hiver qui survivent au froid et germent au printemps ainsi que par les spores d'été transportées par les vents qui soufflent du sud. Une plante infectée produit ses premières spores d'été en l'espace de 5 à 7 jours. Le cycle se répète indéfiniment tant que la température est modérée (entre 15 et 25°C) et que le sol reste humide (au moins 4 à 6 h). Les spores d'été causent donc la propagation secondaire.

Moyens de lutte

La maladie cause très peu de dommages au Canada. Toutefois, si elle devenait un problème, on utilisera un cultivar résistant ou on pulvérisera les cultures avec un fongicide en suivant les recommandations provinciales.

Blanc

Le blanc du haricot est causé par l'*Erysiphe polygoni*. Ce champignon s'attaque également à de nombreuses vivaces comme la luzerne, le trèfle et la vesce. En Amérique du Nord, la maladie atteint fréquemment les haricots mange-tout à l'automne dans le sud des États-Unis et sur la côte du Pacifique. On a signalé des pertes de rendement allant jusqu'à 50%. Au Canada, bien que la maladie se manifeste généralement à l'automne, elle est sans gravité et a peu d'effet sur le rendement, la récolte ayant habituellement lieu au début de cette saison. En outre, comme l'automne est très court dans les pays nordiques, la période de propagation de la maladie est également écourtée.

Symptômes

Même si le champignon attaque tous les organes aériens de la plante, la maladie apparaît d'abord sur les feuilles. Les premiers signes de l'infection sont plutôt effacés. Au début, la région touchée est légèrement terne et vert foncé, puis elle se couvre de taches superficielles, blanches et poudreuses (planche 6) qui s'élargissent et s'anastomosent pour finalement couvrir la feuille. En fait, les taches sont formées par le mycélium et les conidies du champignon responsable du blanc. On note parfois une déformation des feuilles et des gousses gravement malades. Plus tard à l'automne, les taches blanches deviennent grises ou gris foncé et des points noirs minuscules (cléistothèces), qui sont les structures résistantes à l'hiver, sont parfois visibles.

Mode d'infection

Il y a deux sources d'inoculum primaire: la conidie produite par le mycélium qui a passé l'hiver dans l'hôte vivace et l'ascospore libérée par les cléistothèces qui ont résisté au froid sur les débris de plantes malades. On estime que les ascospores

jouent un rôle mineur comme inoculum primaire. Contrairement à la plupart des spores de champignon qui ont besoin de beaucoup d'humidité ou d'eau pour établir l'infection, les conidies du blanc peuvent germer et infecter l'hôte dans presque n'importe quelles conditions. Certaines races sont adaptées à un climat très sec. La propagation secondaire est effectuée par des conidies transportées par le vent, qui laissent une poudre blanche sur les feuilles infectées.

Moyens de lutte

On sait que les cultivars de haricots n'offrent pas tous la même résistance au blanc. La culture des variétés très résistantes est indiquée dans les régions à incidence élevée de la maladie. Plusieurs fongicides sont également très efficaces.

Pourriture des graines et fonte des semis

Les haricots semés dans un sol frais et mal drainé sont souvent gravement atteints de pourriture des graines et de fonte des semis. Il faut parfois ensemencer de nouveau un champ très infecté.

De nombreux facteurs contribuent à la pourriture des graines dont la mauvaise qualité des semences et des conditions pédologiques et météorologiques défavorables comptent parmi les plus importants. Les semences à faible pouvoir germinatif ou très infectées par les champignons courent les plus grands risques d'être atteintes par la pourriture des graines. Le temps froid et humide qui retarde la germination des semences est également propice à la maladie. La pourriture des graines est causée par une multitude d'organismes terricoles, notamment les espèces des champignons *Pythium, Rhizoctonia, Fusarium, Phytophthora* et de nombreuses bactéries.

Les mêmes groupes d'organismes provoquent aussi la fonte des semis, mais les espèces de *Pythium* en sont d'habitude la cause principale. Ces champignons attaquent l'hypocotyle des semis germés, lesquels meurent en quelques jours.

Symptômes

Une graine atteinte de pourriture ne lève jamais et affiche les symptômes de la pourriture molle. Certaines graines sont gluantes alors que d'autres sont recouvertes de champignons de diverses couleurs.

La fonte attaque l'hypocotyle des semis récemment levés au niveau du sol. L'hypocotyle qui vient d'être envahi se couvre de lésions aqueuses qui s'élargissent rapidement à sa surface dans toutes les directions. Plus tard, l'hypocotyle est atteint d'une pourriture molle brune typique. À l'arrivée du temps sec, les plantes sèchent et flétrissent.

Mode d'infection

Les champignons de la fonte des semis habitent le sol. Ils peuvent y survivre de nombreuses années sous forme de spores à paroi épaisse (oospores ou chlamydospores) ou de corps mycéliens durs (sclérotes). Ces structures de réserve germent en présence de l'hôte approprié pour réaliser l'infection primaire. La propagation secondaire se fait à la surface de l'eau qui transporte les spores et les sclérotes des semis malades aux semis sains. Ce mode de propagation est particulièrement efficace chez les espèces de *Pythium* et de *Phytophthora* qui ont

des spores flagellées (zoospores). La maladie cesse de se propager dès l'arrivée du temps sec et chaud.

Moyens de lutte

Utiliser des semences de bonne qualité, non décolorées ou fêlées et dont le pouvoir germinatif est élevé. Traiter les semences avec un protectant chimique et les ensemencer dans un sol chaud et bien drainé.

Pourridié

Certains organismes responsables de la fonte des semis causent le pourridié plus tard dans la saison. Les champignons suivants sont couramment isolés des racines infectées: *Rhizoctonia solani, Fusarium solani* et *Pythium ultimum*. Plusieurs autres espèces de *Fusarium* et de *Pythium* causent aussi le pourridié chez le haricot. Cette maladie est endémique dans tous les sols et presque toutes les plantes d'un champ en sont plus ou moins atteintes. Ses répercussions sur le rendement dépendent du développement des racines de remplacement et des conditions pédologiques qui déterminent la croissance de ces dernières. Les conditions météorologiques estivales et la présence d'une quantité excessive d'azote influent également sur cette maladie. Les plantes en sol compact et mal drainé y sont les plus susceptibles, mais si les racines sont assez développées ou la plante est capable d'en produire de nouvelles et de maintenir une croissance normale, le rendement n'en souffre pas tellement. Toutefois, lorsque le sol est très humide, les pertes de rendement sont parfois considérables.

Symptômes

Les champignons du pourridié attaquent la racine pivotante principale et les racines secondaires à différentes étapes de leur croissance. Les racines secondaires sont atteintes de pourriture brun foncé et nombre d'entre elles se rompent à cet endroit. La racine pivotante devient chancreuse et présente diverses décolorations brunes, brun rougeâtre ou brun foncé à sa surface. À l'intérieur, la décoloration progresse jusqu'au centre de la tige. La décoloration varie selon le champignon et la gravité de la maladie (fig.3). Les symptômes diffèrent également selon le champignon. Ainsi, le genre *Pythium* cause la pourriture humide, tandis que les genres *Fusarium* et *Rhizoctonia* provoquent la pourriture sèche. La maladie perturbe l'absorption ainsi que le transport de l'eau et des éléments nutritifs. Une plante moins atteinte flétrit parfois lors des journées chaudes, reste rabougrie et pousse mal. Dans les cas graves, la plante flétrit rapidement et meurt.

Mode d'infection

Les champignons du pourridié sont courants dans le sol. Toutefois, comme leur mobilité y est quelque peu limitée, ils n'infectent que les racines avec lesquelles ils entrent en contact. Toutes les parties de la racine sont sensibles à leur attaque, mais elles le deviennent de moins en moins au fur et à mesure de leur croissance et de la lignification des tissus. La maladie se répand de la racine pivotante à la tige grâce à la croissance interne du champignon. Plus tard, le champignon sporule à l'intérieur ou à la surface des tissus infectés et les spores infectent les autres racines avec lesquelles elles entrent en contact. Au terme de la

Fig. 3 Partie d'une tige basale décolorée par le pourridié.

saison, divers champignons du pourridié produisent des spores d'hiver (oospores ou chlamydospores) et des corps de réserve (sclérotes).

Moyens de lutte

On peut réduire les dommages causés par le pourridié grâce à une gestion adéquate de la culture et du sol, notamment par un drainage suffisant, l'aération, l'assolement et la fertilisation. Utiliser des variétés tolérantes dans la mesure du possible et suivre les recommandations du représentant agricole provincial.

Décoloration du haricot blanc

On trouve une proportion élevée de haricots décolorés dans les graines récoltées après une campagne humide; les produits sont donc classés dans une catégorie inférieure et rapportent moins. La décoloration est causée par un champignon noir, l'*Alternaria alternata*. Un cultivar précoce sera plus sujet à cette maladie qu'un cultivar tardif.

Symptômes

Le haricot décoloré est gris pâle ou gris foncé et parfois strié de brun. En outre, il court plus de risques d'avoir un tégument ridé (fig.4) et un pouvoir germinatif légèrement plus faible que celui d'un haricot normal. La décoloration de la graine dérive directement de la décoloration de la gousse qui devient évidente à la maturité de cette dernière (fig.5). La gousse décolorée à maturité était sans doute mouchetée lorsqu'elle était verte. Une gousse très décolorée contient souvent des graines plus ou moins décolorées.

Fig. 4 Haricots secs décolorés (*à gauche*) et normaux (*à droite*).

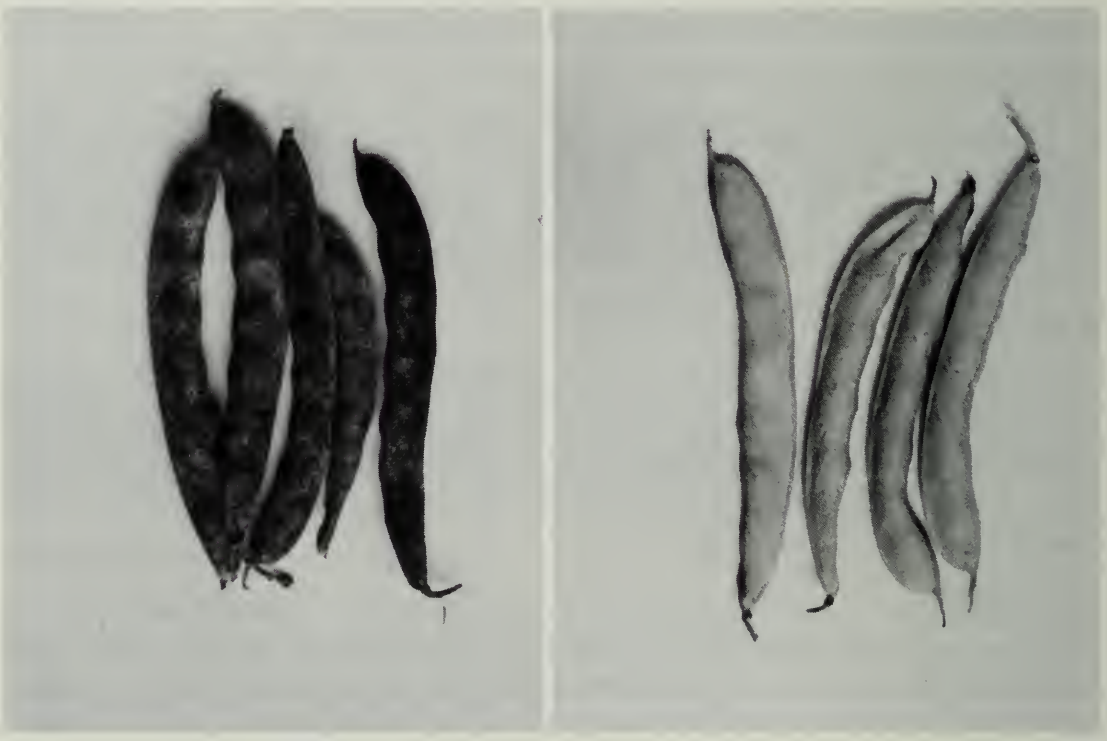

Fig. 5 Comparaison entre des gousses décolorées (*à gauche*) et des gousses normales (*à droite*) de haricots blanc.

Planche 1 Feuille de haricot affichant des symptômes d'anthracnose.

Planche 2 Gros plan de gousses atteintes de moisissure blanche.

Planche 3 Apparition des structures dures et noires (sclérotes) qui permettent au champignon de survivre à l'hiver, à la surface des pétioles infectés.

Planche 4 Feuilles infectées par la rouille présentant les nombreuses pustules des spores d'été.

Planche 5 Gousses infectées par la rouille présentant des îles vertes autour des pustules.

Planche 6 Feuille présentant des symptômes du blanc.

Planche 8 Gros plan des lésions causées par la brûlure commune.

Planche 9 Feuille de haricot blanc Sanilac affichant des symptômes typiques causés par le virus de la mosaïque commune du haricot (race 15).

Planche 7 Symptômes de la moisissure grise sur les gousses et les feuilles de haricot.

Planche 10 Symptômes de la mosaïque commune du haricot (race 1) sur une feuille du Refugee.

Planche 11 Feuilles affichant des symptômes typiques de la mosaïque jaune du haricot.

Planche 14 Feuille typiquement marbrée par la mosaïque du concombre (*à droite*) et feuille saine (*à gauche*).

Planche 12 Marbrures et déformation des gousses d'un plant infecté par le virus de la mosaïque jaune du haricot.

Planche 15 Feuille affichant des symptômes de carence en magnésium.

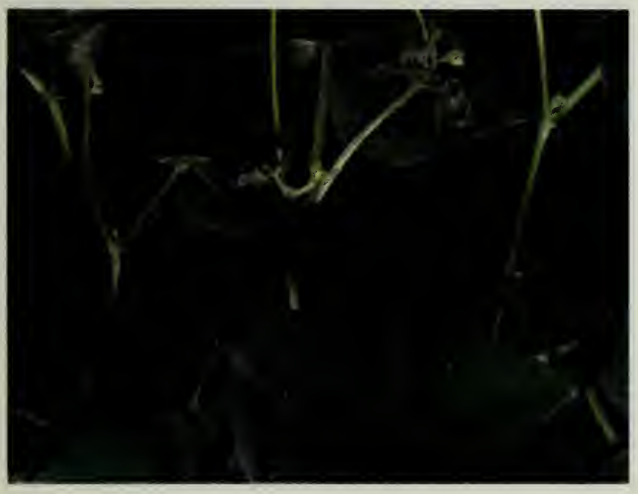

Planche 13 Plant infecté par le virus de la tache annulaire du tabac et montrant la brûlure des pointes et des boutons ainsi que des taches chlorotiques sur les feuilles.

Planche 16 Feuille affichant les symptômes typiques d'une carence en manganèse.

Planche 17 Gros plan d'une feuille endommagée par l'ozone. Noter les mouchetures et les pointillés sur la face supérieure.

Planche 20 Feuilles abîmées par le 2,4-D.

Planche 18 Feuilles tachées de jaune et de brun à ed cause de la brûlure de la cicadelle.

Planche 21 Feuilles primaires gravement endommagées par le métobromuron.

Planche 19 Symptômes d'un début de dommages causés par l'atrazine sur les feuilles primaires.

Planche 22 Feuilles légèrement endommagées par une pulvérisation de monolinuron avant la levée des mauvaises herbes.

Mode d'infection

L'agent causal, *A. alternata*, vit dans les feuilles et est courant dans les champs de haricots; c'est un parasite faible qui colonise les cavités des stomates et provoque une infection locale. Il croît aux dépens des tissus sénescents et sporule facilement. Le bénomyl et le chlorothalonil, qu'on utilise pour combattre la moisissure blanche, augmentent considérablement l'incidence de décoloration. Une gousse décolorée contient de nombreuses spores d'*A. alternata* et un pigment brun noirâtre hydrosoluble qui tache le haricot sec.

Moyens de lutte

Pour prévenir la décoloration de la graine, nous recommandons les mesures suivantes:

- Lutter contre la moisissure blanche avec un produit homologué destiné à cette fin.
- Récolter les haricots dès qu'ils sont secs. En effet, le temps humide favorise la croissance et la sporulation du champignon et permet au pigment noir de se propager de la gousse au tégument.
- Ne pas récolter les haricots trop humides. L'humidité élevée dans la graine favorise la croissance et la sporulation du champignon pendant la manutention et l'entreposage, en particulier par temps chaud et humide.
- Assécher les haricots très humides le plus vite possible.
- Ne pas mêler les lots de haricots de teneurs en eau différentes. L'*A. alternata* se multiplie parfois dans les amas très humides au cours de l'entreposage.

Pourriture grise

La pourriture grise est causée par le champignon *Botrytis cinerea* et se manifeste plus souvent pendant le transit et l'entreposage des haricots qu'au champ. Le temps chaud et humide ainsi que les conditions favorables à la moisissure blanche lui sont propices. Toutefois, jusqu'à présent la pourriture grise n'a pas causé de pertes considérables au Canada.

Symptômes

Même si la pourriture grise attaque tous les organes aériens de la plante, elle affectionne plus les gousses et les feuilles que la tige. Gousses et feuilles affichent une pourriture molle et une décoloration légèrement verdâtre. Au fur et à mesure que progresse la pourriture, une moisissure grisâtre apparaît sur les vieilles régions infectées. La pourriture se transforme plus tard en une masse poudreuse de spores brun-grisâtre. La plante malade libère un nuage de spores lorsqu'elle est secouée par le vent ou les machines. Si le temps est sec, les tissus infectés rapetissent, sèchent, se momifient et deviennent brun foncé (planche 7).

Mode d'infection

Le champignon existe sur presque tous les débris végétaux, à la surface et à l'intérieur du sol, et infecte d'abord les gousses ou les feuilles en contact avec celui-ci. Les gouttes d'eau qui frappent le sol éclaboussent parfois diverses parties de la plante avec des spores. Les fleurs ou les feuilles mortes qui adhèrent aux plantes fournissent un excellent point d'entrée à la maladie. La propagation

secondaire est surtout assurée par des spores transportées par le vent et dans une moindre mesure par contact direct. Les tissus endommagés de n'importe quelle façon, notamment par le gel ou la machinerie, sont très enclins à attraper la maladie. Les fleurs fanées qui sont tombées sur les gousses sont des points d'entrée habituels de l'infection.

Moyens de lutte

En général, les pratiques culturales pour lutter contre la moisissure blanche (plus grand écartement des rangées, ensemencement moins dense et culture de variétés à port dressé) sont également efficaces contre la pourriture grise. Toutefois, si la maladie cause des ravages importants, il existe des produits chimiques efficaces pour la pulvérisation.

Tache des gousses

La tache des gousses, causée par le champignon *Cladosporium herbarum*, n'apparaît qu'à l'occasion, ne touche que quelques plantes et n'a guère suscité d'inquiétude au Canada. Les conditions météorologiques et les pratiques culturales propices à la pourriture grise lui sont également favorables. Les gousses, qui sont plus souvent infectées que les feuilles, affichent d'abord une décoloration allant du grisâtre au jaunâtre. Plus tard, le centre de la lésion se couvre de zones concentriques de moisissure rouille ou brun cannelle. Les graines d'une gousse infectée sont habituellement tachées ou infectées (fig.6).

Fig. 6 Gousse et graines affichant les symptômes typiques de la tache des gousses.

Tache angulaire

La tache angulaire (*Isariopsis griseola*) attaque les haricots cultivés à haute altitude en Amérique centrale et en Amérique du Sud, mais ne cause pas de dommages importants au Canada. Les feuilles malades sont parsemées de petites taches angulaires brun foncé. La forme angulaire des taches s'explique par le fait que le champignon qui reste dans les tissus internervaux voit sa croissance limitée par le réseau de nervures. La défoliation est parfois complète dans les cas graves. Le champignon survit à l'hiver dans les débris infectés ou dans les graines malades sous forme de mycélium en dormance.

Maladies bactériennes

Plus de 10 maladies bactériennes attaquent le haricot et 4 d'entre elles entraînent des pertes considérables au Canada, soit la brûlure commune, la brûlure commune (var. *fuscans*), la tache aréolée et la flétrissure bactérienne. Comme les cycles biologiques des bactéries causales sont presque identiques et que leur mode d'infection se ressemblent, on utilise des moyens semblables pour lutter contre elles.

Brûlure commune et brûlure commune (var. *fuscans*)

La brûlure commune et la brûlure commune (var. *fuscans*) sont respectivement causées par le *Xanthomonas phaseoli* et le *X. phaseoli* var. *fuscans*. Leurs symptômes sont presque identiques. On ne peut distinguer les deux organismes qu'en laboratoire, mais on sait que le *X. phaseoli* var. *fuscans* peut infecter les cultivars qui ne sont pas ordinairement atteints par le *X. phaseoli* au champ. Dès lors, le rapport entre les deux types de brûlure commune dans une région donnée dépend parfois des variétés utilisées. Ces maladies se manifestent d'ordinaire à la fin de juillet et en août, et s'aggravent progressivement au fur et à mesure que les haricots approchent de la maturité.

Le *X. phaseoli* et le *X. phaseoli* var. *fuscans* causent les deux plus importantes maladies bactériennes au Canada. Il y a plusieurs années, plus de la moitié des champs de haricots de l'Ontario en était atteint. On a toutefois réussi à maîtriser la maladie en adoptant un programme sévère de certification pour garantir l'emploi de semences exemptes d'organismes pathogènes. Ce programme comprend aussi la production de semences de l'obtenteur en Idaho, où l'incidence de la brûlure bactérienne est minime, et celle de semences Select et de Fondation en Ontario, où a lieu une inspection rigoureuse des champs chaque année.

Symptômes

Les feuilles sont habituellement les premières à souffrir de la maladie et présentent des taches aqueuses ou vert pâle qui brunissent et sèchent par la suite. Ces taches s'anastomosent parfois pour former des marbrures irrégulières de taille variée. Toutefois, chaque tache ou marbrure présente invariablement une étroite bordure chlorotique (planche 8). Il arrive parfois qu'une feuille gravement infectée flétrisse et meurt. Des taches similaires mais légèrement chancreuses et grais-

seuses apparaissent quelquefois sur les gousses et peuvent s'agglomérer pour former des marbrures qui affichent souvent une décoloration brun rougeâtre.

Mode d'infection et moyens de lutte

Voir la section sur la flétrissure bactérienne.

Tache aréolée

La tache aréolée, causée par le *Pseudomonas phaseolicola*, est endémique dans toutes les zones de culture du haricot en Amérique du Nord. Toutefois, elle fait moins de ravages que les deux types de brûlure commune. Les températures fraîches lui sont propices.

Symptômes

À des températures voisines de 20°C, les feuilles infectées se couvrent de petites taches aqueuses entourées d'un large halo jaune verdâtre. Plus tard, le centre des taches brunit et se nécrose. Les taches se transforment parfois en marbrures irrégulières. À température élevée, de nombreuses petites lésions brun rougeâtre sans halo distinct se développent parfois sur les feuilles malades. Les lésions sur les gousses semblent plus aqueuses et graisseuses que celles causées par la brûlure commune. Elles s'agglomèrent quelquefois en marbrures de différentes tailles. Le centre des lésions sur les gousses est souvent légèrement déprimé et chancreux et un épanchement bactérien crémeux en suinte parfois.

Mode d'infection et moyens de lutte

Voir la section sur la flétrissure bactérienne.

Flétrissure bactérienne

La flétrissure bactérienne, causée par le *Corynebacterium flaccumfaciens*, n'est pas une maladie importante au Canada. Elle attaque le faisceau libéro-ligneux et empêche la circulation normale de l'eau et des éléments nutritifs chez la plante.

Symptômes

Au début, les feuilles des plantes malades s'affaissent par temps chaud avant de reprendre leur turgescence pendant la nuit. Au fur et à mesure que progresse la maladie, le faisceau libéro-ligneux se bouche de bactéries et la plante flétrit et meurt. Le faisceau libéro-ligneux de la tige des plantes atteintes présente des décolorations allant du brun au brun foncé.

Mode d'infection

Les quatre maladies bactériennes ont un mode d'infection semblable. Les bactéries passent l'hiver dans les débris infectés et survivent de nombreuses années dans les graines infectées qui constituent la source d'infection primaire. Les blessures ou les ouvertures naturelles comme les stomates ou les pores de sudation sont les points d'entrée de la maladie. L'infection secondaire est assurée par les gouttes d'eau qui, en frappant le sol, éclaboussent les plantes ou par les personnes, les animaux, les insectes et les machines qui entrent en contact avec les plantes

malades. Une grosse averse accompagnée de vents violents peut propager la maladie sur une distance considérable.

Moyens de lutte

Il semble que divers cultivars tolèrent ou résistent plus ou moins aux quatre maladies bactériennes, mais aucun n'est immunisé contre toutes les races d'une bactérie donnée; la sélection de cultivars résistants n'a pas connu beaucoup de succès. L'utilisation de semences exemptes d'organismes pathogènes et la rotation des cultures sont les méthodes les plus efficaces pour lutter contre ces maladies. En outre, de bonnes pratiques sanitaires, notamment hacher les débris végétaux, interrompre les visites au champ lorsque les plants sont humides et nettoyer les machines et les outils qui sont entrés en contact avec des plantes malades, freineront la propagation de la maladie.

Maladies virales

De nombreux virus des plantes s'attaquent aux haricots (blancs, colorés, mange-tout et communs). Ceux de la mosaïque commune et de la mosaïque jaune du haricot et de la tache annulaire du tabac sont les plus courants dans les champs de haricots au Canada, en particulier dans le sud-ouest de l'Ontario. Ces viroses entraînent des pertes allant de moyennes à graves. De plus, on assiste actuellement à une augmentation de l'incidence de la mosaïque jaune et de la mosaïque commune du haricot.

On trouve fréquemment des cas isolés de mosaïque de la luzerne et de la mosaïque du concombre, mais il est rare que ces viroses se propagent sur une grande échelle au haricot ou causent des dommages importants. D'autres viroses, notamment la marbrure des gousses du haricot et la mosaïque du trèfle blanc, ne se manifestent qu'à l'occasion et n'infectent que des plants isolés. Elles ne seront donc pas traitées dans la présente publication.

Mosaïque commune du haricot

Parmi les nombreuses races du virus de la mosaïque commune du haricot, les races 1 et New York 15 sont les plus fréquentes dans le sud de l'Ontario où se concentre la culture des haricots au Canada. La maladie peut entraîner de lourdes pertes de rendement chez les cultivars sensibles.

Symptômes

Des marbrures et des mosaïques ornent les feuilles des plantes infectées de zones irrégulières vert pâle entremêlées de taches verte foncé. Comme les zones plus foncées se développent plus rapidement que les plus pâles, les feuilles semblent plissées (planche 9). Chez certains cultivars, les feuilles s'enroulent vers le bas (planche 10). Une plante attaquée au début de la saison est souvent rabougrie, mais survit généralement, bien qu'elle produise des gousses plus petites et moins nombreuses qu'une plante saine.

Les cultivars de haricots secs, notamment le Fleetwood et le Seafarer, résistent d'habitude aux deux principales races (1 et 15) et sont exempts des

symptômes de la maladie. Toutefois, aux températures supérieures à 30°C, certaines plantes affichent parfois de nombreux symptômes, dont celui de la racine noire, qui consiste en une décoloration brun pâle à brun foncé des pétioles, des tiges et des racines. Il n'y a habituellement pas de mosaïque ni de marbrure sur les feuilles des plantes infectées. Une plante attaquée avant la floraison meurt en général au milieu de la campagne et produit peu de gousses. Une plante infectée à une étape supérieure de sa croissance produit d'ordinaire des gousses, mais meurt avant que ces dernières n'arrivent à maturité.

Mode d'infection

Le virus de la mosaïque commune du haricot est héréditaire chez le haricot et est transmis par les pucerons à partir de légumineuses vivaces malades, notamment la luzerne, le trèfle et la vesce. L'infection primaire de la maladie est habituellement assurée par la graine, mais le virus peut être véhiculé par les pucerons qui se nourrissent durant l'hiver de légumineuses vivaces malades. La propagation secondaire est assurée par les pucerons et peut-être par les machines ou les outils contaminés.

Moyens de lutte

Une méthode satisfaisante pour lutter contre la maladie consiste à utiliser des cultivars résistants. Sinon, il faut prendre les précautions suivantes:

- Utiliser des semences certifiées exemptes du virus, ce dernier demeurant actif aussi longtemps que la graine est viable.
- Éviter de planter des haricots à côté de cultures maraîchères ou d'autres cultures qui servent de lieux de reproduction aux pucerons vecteurs.
- Éliminer les légumineuses et les mauvaises herbes vivaces autour du champ de haricots, car elles peuvent abriter le virus.

Mosaïque jaune du haricot

Les symptômes causés par les nombreuses races du virus de la mosaïque jaune du haricot varient de légers à graves. Une race du virus cause actuellement des dommages considérables dans le sud de l'Ontario et certaines parcelles de producteurs de semences sont gravement atteintes.

Symptômes

La pointe des feuilles ou les ramifications sèchent rapidement et dépérissent. Plus tard, la décoloration des nervures variant du brun clair au brun foncé se répand aux pétioles et à la tige. La plante malade produit en général de nombreuses pousses latérales garnies de petites feuilles. En plus d'afficher de graves symptômes de la mosaïque, les nouvelles feuilles sont jaunies et enroulées, sans toutefois être très plissées (planche 11). Les feuilles plus anciennes semblent dures et parcheminées, et tombent facilement. Les gousses sont couramment marbrées et déformées (planche 12). Chez de nombreux cultivars, les feuilles primaires inoculées produisent des lésions chlorotiques locales qui brunissent et se nécrosent par la suite.

Mode d'infection

Le virus de la mosaïque jaune du haricot n'est pas héréditaire. Les légumineuses vivaces infectées sont la première source de l'inoculum; environ 20% de la luzerne, du trèfle et de la vesce affichant des symptômes de la mosaïque transportent le virus. La propagation secondaire est assurée par les pucerons et peut-être par les machines ou les outils contaminés.

Moyens de lutte

Dans une zone à incidence élevée du virus, utiliser des cultivars résistants. Pour prévenir la maladie, éviter de cultiver les haricots près de légumes, d'autres cultures et des mauvaises herbes où pourraient vivre les pucerons, ainsi que près de légumineuses vivaces, en particulier le mélilot jaune et de certaines fleurs comme les glaïeuls.

Tache annulaire du tabac

Le virus de la tache annulaire du tabac s'attaque à une grande variété de cultures, dont le haricot, et peut entraîner de lourdes pertes, selon le cultivar et les lignées virales.

Symptômes

Les symptômes de l'infection par le virus de la tache annulaire du tabac varient beaucoup selon les cultivars. Certains ne sont que parsemés de façon générale de taches chlorotiques, de marbrures, de mosaïques ou de plaques rugueuses alors que d'autres sont gravement nécrosés et affichent une brûlure des boutons (planche 13). Les feuilles des plantes plus vieilles deviennent comme parcheminées et leur pétiole est strié de brun. Dans l'ensemble, les plantes sont naines, produisent des gousses moins nombreuses et plus petites ou incomplètes. Les marbrures ou les taches jaunes brunissent plus tard.

Mode d'infection

Même si le virus de la tache annulaire du tabac est couramment véhiculé par la graine chez le soja, c'est rarement le cas pour les autres sortes de haricot. Aucun insecte n'a été identifié avec certitude comme vecteur. Le virus, transmissible par abrasion et par le nématode terricole *Xiphinema americana*, passe parfois l'hiver dans le nématode ou dans les hôtes vivaces comme le trèfle blanc et le glaïeul. Le virus peut être transmis d'un champ à un autre par des graines de soja infectées qui sont par la suite ramassées par le nématode vecteur. Plus tard, lorsque les haricots sont cultivés dans ce champ, les nématodes se nourrissent de leurs racines et leur transmettent le virus. Les machines ou les outils peuvent aussi contaminer les plantes par contact en les endommageant.

Moyens de lutte

Afin de prévenir l'infection par le virus de la tache annulaire du tabac, éviter de cultiver des haricots (le soja en particulier) dans un champ qui a déjà été ravagé

par la virose, puisque les nématodes qui en sont les vecteurs peuvent vivre dans le sol de nombreuses années. Éviter de propager la maladie par des machines ou des outils.

Mosaïque du concombre

Le virus très destructeur de la mosaïque du concombre est largement répandu puisqu'il atteint plus de 30 familles végétales, y compris les légumes, les grandes cultures, les plantes ornementales et les mauvaises herbes. Bien qu'il s'attaque au haricot, on le trouve rarement dans les champs commerciaux de haricots secs; toutefois, la virose s'attaque souvent aux haricots mange-tout et maraîchers cultivés à proximité de nombreux autres légumes. Les premiers signes de la maladie apparaissent à la bordure du champ et se propagent vers le centre.

Symptômes

Les marbrures jaune verdâtre et légèrement translucides sur les feuilles sont plus ou moins étendues selon les cultivars. Un léger plissement des feuilles et l'épinastie (planche 14) sont aussi des symptômes courants. Un certain nanisme, une production de gousses moindre et un raccourcissement des entre-nœuds caractérisent la plante malade. Les gousses vertes sont également marbrées. Même si la maladie cause des pertes de rendement chez le haricot mange-tout, elle entraîne rarement la mort de la plante.

Mode d'infection

On possède peu de preuves sur l'hérédité du virus de la mosaïque. Le virus passe l'hiver dans diverses mauvaises herbes et plantes ornementales vivaces; plus de 60 espèces de pucerons peuvent transmettre l'inoculum primaire aux cultures annuelles. Dans le champ de haricots, le virus est propagé par les pucerons ainsi que par contact, avec les outils, les machines et les personnes qui transportent le virus.

Moyens de lutte

Semer les haricots loin des légumes. La lutte contre les pucerons devrait diminuer l'incidence de la maladie. Le désherbage s'impose également.

Mosaïque de la luzerne

Bien que le virus de la mosaïque de la luzerne s'attaque à plus de 70 genres et 200 espèces de plantes, ce sont surtout la luzerne et le trèfle qui assurent la permanence de la maladie dans les nombreuses cultures de légumes à cosses secs et d'oléagineux. Les repousses spontanées de luzerne et de trèfle sont très fréquentes et l'on peut affirmer, sans l'ombre d'un doute, qu'il y en a dans tous les champs. Le virus est présent dans 5 à 25% des luzernières et des tréflières, en particulier celles qui sont établies depuis longtemps. Dès lors, le virus de la mosaïque de la luzerne est presque certainement présent dans la plupart des champs.

Symptômes

Les feuilles sont parsemées de marbrures également accompagnées chez les jeunes feuilles de nombreuses petites taches jaune brillant. Le brunissement des

nervures et le nanisme caractérisent parfois les cultivars les plus sensibles. Les feuilles des cultivars plus résistants ne présentent que de minuscules taches nécrosées. Les gousses n'ont aucun symptôme.

Mode d'infection

Même si le virus de la mosaïque de la luzerne est transmis par la graine chez la luzerne, ce n'est pas le cas du haricot. Cependant, le virus est omniprésent dans la luzerne, le trèfle et les mauvaises herbes vivaces et se transmet facilement des plantes infectées aux haricots par les pucerons. Dans le champ de haricots, la maladie se propage grâce aux pucerons et par contact.

Moyens de lutte

La proportion de repousses spontanées de luzerne et de trèfle qui portent le virus est très élevé; par conséquent, leur destruction et celle des mauvaises herbes à proximité s'imposent. La lutte contre les insectes, en particulier les pucerons, dans le champ de haricots et les champs de fourrages voisins réduit parfois l'incidence de la maladie. Dans la mesure du possible, éviter de cultiver des haricots près d'un champ de fourrages.

Autres maladies

Balai de sorcière

Le balai de sorcière est causé par une espèce de mycoplasme, mais a peu d'importance économique chez le haricot. Toutefois, il est digne de mention puisqu'il appartient à une catégorie totalement différente de maladies. De nombreuses maladies sont causées par des organismes qui s'apparentent aux mycoplasmes, notamment le mycoplasme de la jaunisse de l'aster, la phyllodie et le balai de sorcière dont les symptômes sont le nanisme, le rabougrissement et le port buissonnant. Jusqu'à la fin de 1960, année de la découverte des mycoplasmes, on croyait que l'organisme causal du balai de sorcière était un virus. Les mycoplasmes s'attaquent à une grande variété d'hôtes, notamment les fleurs, les légumineuses, les légumes, les céréales, les arbres fruitiers et les mauvaises herbes.

Symptômes

Chez le haricot, ils se résument au nanisme et au raccourcissement des entre-nœuds. Comme ces plantes produisent des ramifications supplémentaires, elles deviennent touffues et feuillues. Les pétioles sont disposés à angles ouverts et les pédoncules floraux sont souvent allongés et ondulés. Parfois, les feuilles s'enroulent légèrement et deviennent jaunâtres. Les plantes produisent nettement moins de gousses, mais meurent rarement de la maladie.

Mode d'infection

Les mycoplasmes vivent dans les mauvaises herbes vivaces et bisannuelles et dans les œufs de cicadelles. Ils infectent d'abord les insectes, s'y multiplient, puis se propagent à leurs œufs. Les cicadelles sont le vecteur le plus important, mais il

existe d'autres moyens de propagation, notamment les scions greffés et les cuscutes.

Moyens de lutte

Combattre la cicadelle avec des insecticides et sarcler les mauvaises herbes vivaces et bisannuelles pour empêcher la maladie de se propager.

Galles des racines

Les galles des racines du haricot sont causées par le nématode *Meloidogyne* spp. qui attaque aussi un grand nombre de plantes cultivées et sauvages. Les nématodes existent partout aux États-Unis et dans de nombreuses zones agricoles du Canada. L'espèce *M. hapla*, appelée habituellement nématode cécidogène du nord, résiste à l'hiver dans le nord des États-Unis et au Canada. Le nématode cécidogène du sud, le *M. incognita*, ne passe pas l'hiver au Canada et n'habite que le sol des serres. Dans l'ensemble, les dommages causés par les nématodes sont plus graves dans le sud des États-Unis, en particulier dans les sols sablonneux.

Symptômes

Les symptômes des parties aériennes sont d'habitude identiques à ceux qui caractérisent le début du pourridié: plantes faibles, rabougries et un peu jaunâtres; feuilles qui s'affaissent parfois légèrement lors des journées chaudes. Par contre, les symptômes des racines sont particuliers. Ces dernières présentent en effet des galles et des boursouflures de différentes tailles. Contrairement aux nodosités normales, il s'agit de gonflements difficiles à déloger sans rompre la racine. Les racines sont aussi plus petites et moins efficaces.

Mode d'infection

Le nématode cécidogène du nord passe l'hiver dans les champs à l'état de larves et d'œufs, alors que le nématode cécidogène du sud survit dans le sol des serres. La première espèce s'enfonce habituellement dans le sol à l'automne lorsque le froid arrive et revient à la surface au printemps. Les racines dont se nourrissent les larves sont endommagées et parsemées de galles.

Moyens de lutte

Compte tenu du coût élevé de la fumigation des sols infestés, la rotation des cultures semble être la méthode de lutte la plus pratique. Malheureusement, aucune méthode n'est entièrement efficace.

Carences en éléments nutritifs

Le haricot souffre de nombreux troubles physiologiques qui dérivent souvent d'une carence en éléments nutritifs. Étant donné l'efficacité des engrais actuellement sur le marché, les carences en macro-éléments comme le calcium, le potassium et le phosphore sont plutôt rares. Le haricot manque plus souvent d'oligo-éléments comme le magnésium et le manganèse, mais aussi le molybdène, le zinc et le cuivre.

Carence en magnésium

La carence en magnésium est très courante chez les plantes cultivées dans un sol sablonneux et peut être aggravée par l'épandage de calcaire sans discernement ou l'application massive d'engrais à base de potassium.

Symptômes

Une carence en magnésium cause la chlorose des feuilles, en particulier entre les nervures (planche 15). La chlorose atteint d'abord les feuilles plus anciennes, car le magnésium qui s'y trouve est utilisé par les feuilles plus jeunes, et progresse vers le haut. Les plantes gravement atteintes sont rabougries et les feuilles chlorotiques s'enroulent vers le haut.

Moyens de lutte

La pulvérisation des feuilles avec un sel de magnésium hydrosoluble, notamment le sulfate de magnésium (sels d'Epsom), règle rapidement le problème. Toutefois, l'addition, avant l'ensemencement, de sulfate de magnésium au sol qui manque de cet élément pourrait être plus économique. Utiliser de la chaux magnésienne si le chaulage est nécessaire.

Carence en manganèse

Le pH du sol détermine souvent la quantité de manganèse assimilable dans le sol; ainsi, un pH égal ou supérieur à 6,8 rend le manganèse inassimilable par le haricot.

Symptômes

La chlorose des feuilles entre les petites nervures est le premier symptôme d'une carence. Plus tard, les zones chlorotiques peuvent jaunir parfois et le tissu meurt. La plante est rabougrie (planche 16).

Moyens de lutte

En cas de carence, la solution la plus rapide consiste à pulvériser le feuillage avec une solution de sulfate de manganèse. L'addition de sels de manganèse au sol est une solution à long terme.

Intoxications

Bronzage

La plupart des champs de haricots sont plus ou moins gravement atteints par le bronzage causé par l'ozone, un polluant atmosphérique industriel courant. La sensibilité à l'ozone dépend du cultivar, du stade de croissance et de la santé de la plante. Certains cultivars sont plus tolérants que d'autres; les cultivars précoces, notamment le Seafarer, les plantes plus vieilles, celles atteintes par le pourridié ou qui subissent l'action de l'eau sont plus prédisposés au bronzage. Il est difficile d'évaluer avec précision les pertes de rendement, mais les dommages causés par l'ozone auraient entraîné jusqu'à 40% de pertes, certaines années. Au Canada, le

bronzage sévit surtout dans le sud industrialisé de l'Ontario où les températures estivales sont élevées.

Symptômes

L'apparition de mouchetures ou pointillés pourpres ou brun rougeâtre entre les nervures sur la face supérieure des feuilles est le premier symptôme. Plus tard, les zones touchées deviennent brunes, brun pourpre ou bronze rouge, la face supérieure de la feuille prenant ainsi un aspect bronzé (planche 17). Les feuilles gravement atteintes deviennent chlorotiques et vieillissent prématurément. Ces symptômes peuvent également provenir d'autres causes, notamment le pourridié, l'insolation, l'abrasion par le sable, le vent ou le vieillissement normal. Le bronzage apparaît rapidement dans une période de 24 à 48 h et est réparti assez uniformément dans le champ.

Moyens de lutte

La sensibilité à l'ozone varie selon les cultivars. Éviter d'ensemencer les champs infectés depuis longtemps par le pourridié. Afin de réduire les dommages, recourir à des pratiques culturales qui stimulent la croissance, notamment un engraissement adéquat du sol. Ainsi l'addition de 100 à 120 kg supplémentaires d'azote par hectare au sol, avant l'ensemencement, ne va pas enrayer la maladie, mais augmentera le rendement lorsque celui-ci a été très réduit par le bronzage ou le pourridié.

Brûlure de la cicadelle

La cicadelle de la pomme de terre (*Empoasca fabae*) se nourrit des feuilles de haricot et cause ainsi la brûlure. On croit que cette maladie résulte d'un dérangement physiologique causé par une toxine que l'insecte injecte dans la feuille pendant qu'il s'en nourrit. Comme la maladie dépend strictement de la population de cicadelles, elle se manifeste surtout pendant les étés frais et secs favorables à la multiplication des insectes. Les dommages réduisent le rendement selon leur gravité.

Symptômes

La bordure des feuilles est jaune, rouge, bronzée et brune, voire enroulée à l'occasion. Les brûlures apparaissent d'abord entre les principales nervures, qui brunissent également dans les cas graves. Les symptômes ressemblent à ceux de la brûlure bactérienne, mais les taches sont dépourvues de halo jaune brillant (planche 18). Le champ est aussi envahi par les cicadelles.

Moyens de lutte

Pour lutter contre la cicadelle, appliquer des insecticides selon les recommandations provinciales.

Chlorose causée par un excès d'eau

Symptômes

Par temps froid et humide, on observe parfois un jaunissement et un rabougrissement généralisés des semis cultivés dans les dépressions d'un champ,

particulièrement si celui-ci est mal drainé. Les plants atteints sont plus prédisposés au pourridié et ne récupèrent pas entièrement, même après la venue du temps chaud et sec.

Moyens de lutte

Améliorer le drainage du champ en creusant des sillons et des fossés.

Phytotoxicité des herbicides

Les dégâts causés par les herbicides sont maintenant fréquents et souvent confondus avec des symptômes de maladie. Appliqués correctement, la plupart des herbicides n'endommagent, ni ne tuent les plantes. Toutefois, la majorité des cas d'intoxication résultent de surplus ou de résidus d'herbicides appliqués aux cultures précédentes. Lire attentivement l'étiquette et les instructions, et vérifier deux fois les calculs avant d'effectuer le traitement.

Dommages causés par l'atrazine

Les haricots sont parfois endommagés lorsqu'ils sont cultivés dans un champ avec du maïs l'année précédente et dans lequel on s'était servi d'atrazine pour lutter contre les mauvaises herbes, en particulier si le temps est souvent sec à l'automne ou si la dose d'herbicides était élevée. L'application de la dose maximale d'atrazine dans un champ de maïs peut laisser assez de résidus pour abîmer ou tuer les semis, surtout dans les endroits enfoncés du champ, où s'accumulent les résidus avec les eaux de ruissellement.

Symptômes. La bordure et la région internervale des feuilles sont fortement jaunies, sauf la nervure principale qui reste verte. Les régions jaunies sèchent et deviennent brunes à brun foncé, présentant des symptômes de brûlure. Les feuilles brûlées s'enroulent, flétrissent et meurent (planche 19). La maladie est habituellement mortelle.

Moyens de lutte. Régler la dose d'atrazine pulvérisée selon le type de sol afin d'éviter l'accumulation de résidus dangereux. Utiliser d'autres herbicides si la culture du maïs est suivie par celle du haricot. En cas de doute, faites analyser le sol par le représentant agricole provincial pour savoir la concentration de résidus d'atrazine. Vous pouvez aussi tester le sol en cultivant quelques graines de haricot dans une caissette en serre avant de procéder à l'ensemencement du champ.

Dommages causés par le 2-4-D et le dicamba

L'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D) et le dicamba luttent efficacement contre les dicotylédones dans les champs de céréales et de graminées. Ce sont toutefois des produits volatils qui endommagent parfois les champs voisins de dicotylédones comme les haricots et les tomates. Une quantité infime, en particulier de dicamba, suffit pour déformer notablement les feuilles et la tige.

Symptômes. Les feuilles plus anciennes s'enroulent vers le bas alors que les feuilles supérieures ont tendance à se courber vers le haut. Les nervures deviennent vert pâle et le tissu internerval est marbré. Les feuilles deviennent épaisses, rigides, cassantes et légèrement allongées (planche 20). Les symptômes ressemblent à ceux causés par le virus de la mosaïque du haricot, mais contrairement à la

mosaïque, la tige et les pétioles des plantes endommagées par le 2,4-D et le dicamba sont légèrement allongés, enroulés ou tordus.

Moyens de lutte. Il existe plusieurs formules de 2,4-D dont certaines moins volatiles que d'autres. Le choix sera fixé en fonction des conditions d'application et des phénomènes climatiques. Avec le 2,4-D ou le dicamba, éviter l'entraînement par le vent, vers les cultures sensibles. Réduire la pression de pulvérisation pour diminuer l'importance de l'entraînement.

Dommages causés par le métobromuron

Le métobromuron sert à lutter contre les mauvaises herbes avant la levée dans les champs de haricots. Il endommage souvent les haricots cultivés dans un sol sablonneux à faible teneur en matière organique. Lors d'une pluie battante, les plantes éclaboussées par le sol traité au métobromuron subissent des dommages qui sont aggravés par les résidus d'atrazine dans le sol.

Symptômes. Les feuilles sont atteintes de chlorose des nervures. Dans les cas les plus graves, le tissu qui longe les nervures jaunit et le tissu internerval a l'air aqueux (planche 21). D'habitude, les plantes se rétablissent lentement.

Moyens de lutte. Réduire le taux d'application sur un sol léger et grumeleux. Utiliser un autre produit dans le cas d'un sol sablonneux contenant moins de 3% de matière organique.

Dommages causés par le monolinuron

Le monolinuron est un herbicide appliqué avant la levée qui cause souvent des dommages aux semis lorsqu'il pleut abondamment après l'application ou surtout quand les plantes sont cultivées en sol sablonneux. Les feuilles peuvent également être touchées à cause des gouttes d'eau qui les éclaboussent en frappant le sol. Les résidus d'atrazine dans le sol aggravent parfois les dommages causés par le monolinuron.

Symptômes. Les feuilles primaires jaunissent rapidement et sont souvent un peu aqueuses à l'exception des nervures principales. Le tissu jauni brunit rapidement et sèche (planche 22). Les feuilles flétrissent et meurent, et les plantes gravement atteintes ne se rétablissent pas. Les symptômes ressemblent à ceux des dommages causés par le métobromuron.

Moyens de lutte. Utiliser un autre produit dans le cas d'un sol léger et sablonneux contenant moins de 3% de matière organique.

Blessures

Insolation

Les feuilles ou les gousses de haricot directement exposées au soleil, en particulier si elles sont humides, sont souvent atteintes d'insolation. Un ensoleillement intense suivi d'un degré d'humidité élevé et d'un temps couvert aggrave le problème. L'insolation est plus fréquente chez les plants qui approchent la maturité que chez les plus jeunes. Les haricots mange-tout atteints d'insolation sont de moins bonne qualité.

Symptômes

L'insolation se signale d'abord par des taches ou des plaques brunes ou bronzées sur l'épiderme, entre les nervures. Plus tard, le tissu des plaques meurt, devient cassant et s'émiette facilement lorsqu'il est sec. Des petites taches brunes ou rougeâtres apparaissent sur la partie des gousses vertes exposée au soleil. Les taches s'élargissent, s'anastomosent et deviennent aqueuses. Finalement, elles s'enfoncent légèrement et deviennent teintées de rouge.

Moyens de lutte

Il n'y a aucun moyen de lutte contre l'insolation.

Abrasion par le sable

Seuls les haricots plantés dans un sol sablonneux sont endommagés par le sable. Les dégâts sont surtout évidents à la fin du printemps lorsque les plants germés depuis peu subissent l'effet des vents violents qui charrient du sable. Celui-ci déloge les feuilles primaires et les bourgeons terminaux.

Symptômes

Les jeunes semis perdent leurs feuilles primaires ou leurs bourgeons ou les deux; quelquefois, les cotylédons sont également délogés et il ne reste que l'hypocotyle. Les feuilles primaires sont d'habitude coupées à mi-chemin du pétiole, ce qui donne un semis défolié en forme de Y. Les coupures sont normalement nettes et bien définies et les symptômes ressemblent à ceux du genou causé par les dommages mécaniques aux semences. Toutefois, le genou n'atteint que les plantes disséminées au hasard et non les grandes surfaces.

Chez les plantes plus vieilles, l'abrasion par le sable est associée aux dommages causés par le vent aux pétioles et aux tiges. Les feuilles présentent des mouchetures brunes ou sont atteintes du bronzage.

Moyens de lutte

Si les semis ont subi de lourds dommages, réensemencer la zone touchée.

Index des organismes pathogènes et des vecteurs

Alternaria alternata (Fr.) Keissl. 17, 23

Botrytis cinerea Pers. ex Nocca & Balbis 23

Cladosporium herbarum Pers. ex. Fr. 24
Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Bri. & Cav. 9
Corynebacterium flaccumfaciens (Hedges) Dowson 26

Empoasca fabae Harris 34
Erysiphe polygoni DC. 14

Fusarium (espèces) 15, 16
Fusarium solani (Mart.) App. & Wr. 16

Isariopsis griseola Sacc. 25

Meloidogyne (espèces) 32
Meloidogyne hapla Chitwood 32
Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood 32
Mycoplasmes 6, 31

Phytophthora (espèces) 15
Pseudomonas phaseolicola (Burkh.) Dowson 26
Pythium (espèces) 15, 16
Pythium ultimum Trow. 16

Rhizoctonia (espèces) 15, 16
Rhizoctonia solani Kühn 16

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de By 10, 12

Uromyces phaseoli (Pers.) Wint. 13

Virus de la marbrure des gousses du haricot 24
Virus de la mosaïque commune du haricot 27, 28
Virus de la mosaïque de la luzerne 30, 31
Virus de la mosaïque du concombre 30
Virus de la mosaïque du trèfle blanc 27
Virus de la mosaïque jaune du haricot 28, 29
Virus de la tache annulaire du tabac 29

Xanthomonas phaseoli (E.F. Sm.) Dowson 25
Xanthomonas phaseoli var. *fuscans* (Burkh.) Starr & Burkh. 25
Xiphinema americana Cobb 29

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 0,035	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tonnes à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre